第四篇　農業化學

第一章　土壤研究

郭　鴻　裕

一百年來農業科學之發展，得使居處臺灣本島之居民揮去饑餓之夢魘。其中本所之土壤肥料研究業務成果輝煌，不論是土壤資源調查、土壤肥力與施肥方法改進、土壤改良及作物營養研究與診斷技術服務等傑出之表現，有目共睹。

本所土壤、肥料研究起步甚早，對本省農業增產扮演極重要角色。本省早期受困於肥料之不足，糧食產量一直無法突破，戰後人口急劇增加，對糧食需求壓力更大。對有限之肥料資源如何發揮其功效，一直困擾農政單位，幸賴土壤肥力調查、研究及施肥試驗，方得以因地制宜，合理配肥方針擬定，本所歷任土壤肥料人員之研究心血發揮最大之功效。

值建所一百週年慶，回顧過去本所土壤肥料研究，雖因應業務與農民實質之需求，偏重於應用問題之探討與解決而在基礎性研究較少，然歷年來土壤肥料前輩與同仁之研究成就，不可抹滅。而歷年在本所土壤肥料工作之前輩研究成果甚多，不勝枚舉，僅將文獻書面所載且具開創性或重要成就者扼要摘錄，供同仁及學界賢達參考。

土壤資源調查

土壤調查關係土地利用、土壤改良、地力維持、農田水利開發及肥培技術實施，是農政措施之張本。本所成立之初，執政當局鑒於農田生產力低而欲瞭解全臺農田土壤之性質與分布，藉以指導農民進行土壤改良工作，乃積極推動土壤資源調查之業務。

西元1910年執政當局提撥專款一萬元預算進行臺灣本島之地質及土性調查工作，在總督府礦業課長福留喜之助及總督府囑託農學博士大島金太郎二人之規劃下，於總督府研究所成立土壤實驗室進行本省之土性調查，是本省土壤資源調查之開始。西元1912年鑒於土壤調查工作除土壤理化性質分析外，作物栽培試驗亦應並行，故本項調查業務正式移交本所執行。西元1911年日人澀谷紀三郎完成臺灣地區土壤鹽分之概略調查，分析鹽分地的成因並調查鹽分地之分布區域，估計全臺約有十萬公頃農田為鹽分地，另評估本區農田地力概況並提出土壤改良方法與作物栽培調整對策。西元1913年接續完成酸性土壤概略調查，將土壤酸性來源分類，概述臺灣地區酸性土之分布、分析部分試驗點之土壤酸度及土壤改良試驗結果並提出土壤改良之方法。並將酸性及鹼性土壤分布資料合併繪製臺灣特殊土壤分布圖。西元1915年完成臺中、南投廳(今臺中、南投及彰化縣地區)之土性調查，西元1918年完成嘉義廳(今雲林、嘉義縣及臺南縣之一部分)之土性調查。西元1916年完成看天田之相關研究，調查看天田面積與產量，分析土壤成分及評估土壤改良方法。

西元1924年完成臺東廳及花蓮港廳土性調查。各土性調查報告對於調查區之氣象(氣溫、降雨、濕度、日照、氣流、地震)、土地(地形、地質、海岸、山系、水系)、灌溉、交通運輸等，皆有簡明敘述。對於地區之土壤剖面、土壤肥力與施肥管理、施肥試驗成果與水土保持措施(修築河岸、防風、防遏飛砂、排水及灌溉)亦有描述，並繪有比例尺十萬分一之土性(質地)分布圖。

臺灣光復後，農林當局有鑒於土壤調查，對農林業復興極為重要，復以過去土壤調查之方法與分類敘述，稍嫌簡略，又未符合現行標準，乃委託本所農化系繼續辦理全省分縣土壤調查(1946-1964)，並冀擴大調查範圍及於山地，為開發山林與水土保持之依據。調查之縣市，包括：臺中(臺中、南投、彰化)、澎湖、臺南(臺南、嘉義、雲林)、高雄、屏東、桃園、新竹及苗栗等，缺臺東、花蓮、宜蘭、臺北等縣調查資料。本調查採用美國農部於1938年由Baldwin，Kellogg及Thorp制訂以及1949年由Thorp、Smith修正之土壤分類與正統之土壤調查方法並出版分縣十萬分一之土壤概圖及五十萬分一臺灣全省土壤概圖，將本省土壤調查工作推向新的里程。

1953-1960年本所執行臺灣省農林邊際土地調查，梁鉅榮氏率農試所同仁偕同臺灣大學、聯勤總部測量處、林業試驗所及臺灣肥料公司等單位調查全省海拔1000公尺以下之高山林地與平原區農地之過渡地帶，依據土地可利用限度分級準則區分土地利用能限，規劃土地利用管理與記載危害生產之土地限制因子，並繪製兩萬千分一地圖212幅供各界坡地管理之用。本資料在山坡地土地可利用限度分類調查完成之前為坡地開發管理唯一依據參考之資料。1958-1959年在中部橫貫公路開闢之際，為配合沿線農林開發，本所奉農林廳之命調查若干具開發潛力區之土地可用限度調查，並記載土地利用現況及開發之建議措施供有關單位開發利用。惟因部分莠民未能遵守本報告之建議措施，造成超限利用，危及德基水庫之壽命與水質，實為當初調查者所不能預料。

1962-1978年進行耕地土壤詳測調查，本項調查不但研究土壤之生成與性質，並予以分類繪圖，依據土壤性質規劃土地合理利用，藉收適地適栽，合理肥培管理，進而確保良田，以增加農業生產。本調查初期由中興大學主辦，本所派員支援主持臺南與彰化縣調查。自1974年起由本所主辦，陳春泉氏主持調查範圍包括桃園、苗栗新竹、臺北宜蘭、花蓮臺東縣等，面積5197平方公里，繪製兩萬五千分一土壤圖83幅及土壤調查報告書，出版後已有一百餘單位函索利用。

1977-1986年本所與各區農業改良場合作進行台灣地區稻田生產力分級規範及調查，主要目地有三：(1)簡化土壤圖並圖示水稻生產力等級及其生產限制因子。(2)為水田利用及改進技術諮詢工作之基礎。(3)供為土地利用及生產規劃之依據。本調查除編印調查總報告外，另繪製兩萬五千分一稻田生產力分布圖352幅，十萬分一分縣圖及二十五萬分一全省概圖，提供中央、省及縣市政府之農、地政及大學等有關機關土地利用與農地規劃之依據，迄今已被利用於地政、農業災害保險實施之評估、農業生產規劃等多方面。

1986-1992年本所鑒於地理資訊系統在自然資源管理利用已蔚為潮流，在省府及農委會經費補助下，建立土壤資源資訊系統，並將臺灣地區稻田生產力分級圖、土壤詳測圖及土壤肥力概測圖數化建檔，本資訊系統亦成為國土資訊系統自然環境基本資料庫分組土壤類之一主要資料提供者。藉由地理資訊軟體可將此等資料靈活運用於作物適栽評估、土壤改良及水土資源保育等項目，提高土壤調查資料之應用，是土壤資源調查工作之一重要里程碑。

1992年起，本所與各區改良場及中興、臺灣大學合作進行農田土壤品質及生產力調查，至1994年底已完成全省52個鄉鎮之農田土壤調查。計畫調查方法區分為三：基標土系點之長期監測、基標土系之調查與網格調查，期望能達到下列目的：(1)提出農地品質現況具體資料，以解國人對

農田土壤劣化、污染之疑慮，並期能防範未然。(2) 調查並分析目前耕作方式對土壤之影響，以改進農田地力品質。(3) 提供量化之地區農田資源評估，因應社會需求。(4) 建立農田基標土系基本資料，提昇田間試驗之實用範圍。調查之資料亦建立於地理資訊系統，將逐年把系統與技術轉移至改良場，以利資料靈活應用及傳輸，並將土壤調查資料及研究試驗成果落實於田間管理技術之實際運用。

1994年完成臺灣地區農田地力增進初步調查報告，本報告係利用歷年土壤調查資料與試驗結果，配合地理資訊系統之應用，將本省農田土壤性質進行綜合性評估，估算各項土壤生產阻礙因子等級、分布面積，並詳列農田地力增進之目標及改良方法與效益。本報告資料雖屬初步階段之工作成果，但已可供政府規劃農地改良投資計畫或農地釋出策略之參考，並為基層農業人員從事土壤改良規劃工作之依據。

土壤肥力研究

一、土壤肥力調查

臺灣地區之土壤肥力測定始於1949- 1950年，由張守敬氏主持，舉辦全省肥力概測。其計畫目的為：1.瞭解臺灣各地土壤的生產力和肥力。2 .糾正光復前之部分陳舊或錯誤觀念和事實。3.土壤質地分級之更正。 本計畫在全省農田約每600公頃採一樣品,計有二千三百餘個樣品，測定項目包括：粒徑分析、土壤酸鹼度、土壤有機質、全氮及有效磷鉀等，並繪製五十萬分一之土壤肥力概圖。

臺灣省農田肥力測定於1959- 1967年舉行，分由曾憲鼎、王接皇及林家棻氏等接續主持，其目的為明瞭本省各地農田肥力狀況，提高肥料效應，指導教育農民施肥，强化配肥制度，制定肥料生產政策，以及提供有關機構土壤肥力研究之基本資料。採樣密度為全省耕地約 10公頃採一表土樣本，全省共有78,635個樣本。分析項目包括：土壤質地、土壤酸鹼度、土壤有機質、有效性磷、有效性鉀等。繪有全省五十萬分一肥力分布圖及分縣十萬分一肥力分布圖，並著有肥力調查報告乙冊，建立各縣農田肥力指數與稻田氮磷鉀肥推薦量。

臺灣省土壤肥力能限分類規範調查研究於1978- 1982年舉行，由林家棻氏主持，中興大學、屏東農專、臺糖研究所、農林廳及各區農改場合作辦理。計畫之目的乃以影響作物生長最重要之表底土型為分類基礎，並尋求其它直接限制作物生長之因子，藉以瞭解土壤—肥料—作物間之關係，冀可以適當施肥與管理方法，達到增產之目的。該計畫依土類土系採樣，計採集表、底土土樣各5,753個，每一樣本約代表 105公頃，代表 764個土系。分析項目包括：土壤質地、土壤酸鹼度、土壤有機質、有效性磷、有效性鉀、交換性陽離子、陽離子交換能量、交換性鋁、活性鐵、非交換性鉀、有效矽、電導度、游離碳酸鈣、有效鋅、錳、銅、鐵及硼、排水不良性狀及土系、土類等，為歷年來最為詳細之調查資料。本調查建立稻穀生產之限制因子與規範並建立不同土壤限制因子水稻之氮、磷、鉀肥需要量估算模式以及土壤類別與稻穀產量之關係。本項調查資料利用迷你電腦管理土壤肥力資料庫，是本省土壤研究電腦化之先驅。

二、土壤肥力改進

因臺灣本島之地質、地形及氣候變化複雜，以及高溫多雨之環境，各地區土壤肥力差異甚大，

土壤肥力也大抵偏低。本所成立之初，即對土壤肥力改進研究著力甚深。

1911-1917年澀谷紀三郎氏已進行水稻、旱稻、大豆等作物在酸性土之石灰與三要素試驗，以及作物種類對酸土適性之檢討。大島金太郎檢討臺灣土壤有機質含量，提倡綠肥、作物殘體迴歸土壤、施用堆、廄肥及補充化學肥料。綠肥肥效及氮素肥料比較試驗、鉀肥在不同土壤質地之肥效研究、水田之灌溉水滲漏及滲漏肥分量調查等試驗亦曾有研究。1934年起澀谷紀三郎氏等對鉀肥增施可降低冬山地區水稻遭鐵鹽影響之障害進行研究，及鈣、鎂元素對鉀肥之頡抗作用。

1951-1955年張守敬氏主持施用石灰對水稻增產之試驗，改進北部酸性土之生產力。1963年連深氏研究本省稻田土壤中有效性矽酸肥力狀態，發現在酸性土如紅壤、砂頁岩沖積土及酸性黏板岩沖積土之有效性矽酸偏低，施用矽酸爐渣可增產10% 以上，1978年已爲農林廳廣汎推廣。1964年林家棻氏主持石門水庫完工之新增灌區茶園紅壤轉作水稻缺磷之問題，解決當地三千餘公頃農地之稻田生產問題。1972年邱再發氏與花蓮場合作，解決花蓮地區石灰質片岩沖積土水稻缺鋅問題，1975年連深氏在全省 120 處主要土型稻田進行水田土壤生產潛力之比較試驗，認爲有效性矽爲影響土壤生產力因子中之最爲重要，另指出中部板岩石灰質土及東部成功、長濱一帶黑土水田亦有缺鋅之問題，施用鋅肥平均可使水稻增產15% 以上。1978年陳春泉氏以排水及施用矽酸爐渣改進宜蘭地區低產水田。1977-1980年李子純氏主持，與花蓮場合作進行胡麻葉枯病肥力改進研究與示範推廣，以施用矽酸爐渣、鉀肥及硫酸錳等，可降低罹病率20-30% 。1982年連深氏等以穀殼、暗渠及施用矽酸爐渣等方法改進桃園臺地紅壤水田生產力，可增產水稻40% 。1994年連深氏等施用鎂肥改進埔里大平頂地區百香果缺鎂問題，增產超過60%。

三長期肥力試驗

1912-1961年爲研究水田土壤生產力之維持，成立連年無肥水稻栽培試驗，於混凝土製之無底框中，共計一百框，每年不施肥料，栽植水稻，由其收量及三要素吸收量之變化，以明水田地力之持續性，就長期之試驗結果看，其產量除受氣候之影響外，保持相當之水準約有正常施肥田之一半至三分之一產量。本試驗因受社區廢水影響而終止。

1924-1972年之水稻同樣肥料連用試驗，本計畫實施長達48年，爲國內外罕見之長期試驗。其目的爲闡明同一圃場，歷年連用同樣肥料，包括有機與無機肥料及不施肥等共12種處理，對於水稻產量與土壤理化性質之影響，以供栽培稻作之參考。本試驗於總所遷址霧峰前結束。

1985年起於臺中霧峰本所農場進行不同耕作制度及作物殘株長期循環利用對土壤肥力及作物產量的影響試驗，以明瞭長期同樣之不同耕作制度(水旱連作或輪作) 及作物殘體掩埋與否或焚燒，對土壤肥力變化與作物產量之影響。

四土壤肥力測定研究

本所成立之初，1903-1924年間已對全省土壤類別進行土壤成分分析，並記載於各地區土性調查報告，爲本省土壤肥力測定之始。但因當時化學藥劑與儀器皆難以獲得，故有關土壤肥力測定研究進展緩慢。

臺灣光復後，土壤肥力測定技術與觀念逐漸發展，1949-1950年張守敬氏以Peech 法測定全省農田土壤有效性磷、鉀，爲大規模土壤肥力測定之先驅，並在1954年檢討本省土壤含鉀量與水稻產量之關係。1959年曾憲鼎氏等比較土壤磷之測定方法並以盆栽水稻校正磷肥之效應，1960年進行水稻速測之研究，1962年研究土壤鉀之測定方法並校正水稻對於鉀肥效應試驗研究，及稻田土

壤孟立克氏鉀之臨界濃度。1965年王接皇氏訂定全省水稻之Bray第一法之土壤磷臨界濃度。1972年林家棻氏等研究土壤樣本乾燥程度對磷鉀有效指數影響，1973-1974年對土壤氮素釋出測定方法與稻穀產量關係進行研究，並以盆栽與田間試驗驗証。1975-1976年李子純氏等測定全省蔬菜田土壤之硼、銅、鐵、錳及鋅之供應狀況。1977年林家棻氏等對土壤磷型態進行測定並研究其與稻穀收量之關係。1978年林家棻氏測定土壤全鉀、非交換性鉀及有效性鉀等及研究相互間之關係，並以盆栽水稻驗証土壤鉀之供應能力。1979- 1980年進行水田土壤之可礦化氮量估算程式之建立及利用同位素追蹤水田施用氮肥之動態，瞭解施用氮肥揮散損失量。1982- 1983年利用電超慮法(EUF)研究水稻對土壤鉀、磷之利用。

其後因稻田轉作政策實施，對於旱田土壤肥力之研究逐漸增加。1982-1990年間土壤肥力室同仁等進行磷素肥料在旱田土壤之有效性變化，石灰質土壤聚積磷素之有效性，石灰質土壤需磷診斷，轉作玉米田之土壤肥力限制因子，肥力診斷與施肥推薦綜合制度(Diagnosis and Recommemdation Integrated System，DRIS)在玉米田之運用，水、旱田輪作制度下旱作磷肥需要量之診斷及土壤非交換性鉀對玉米生育影響等研究計畫，積極建立旱作之土壤肥力診斷制度。土壤速測服務

1953年朱海帆氏倡議於本所擴大土壤肥力室規模並訓練各區農改場土壤肥料人員土壤、植體分析專業技能，爲全省辦理土壤速測之起點。1969-1980年間農林廳土壤肥料股積極推動各區農改場土壤與植體速測服務，本所分年協助各場有關土壤植體化驗及土壤分類辨識與採樣技術等訓練計四次，以早日建立土壤及植體分析作爲施肥推薦之服務體係，並於1981年由林家棻氏編輯作物需肥診斷技術一書，供土壤肥料人員參考。但因早期以水稻作物爲主之耕作制度及農民田區小、低肥價政策等因素，加以改良場人員已訓練人員更異頻頻，故本項業務並無法全面施展。

1987年行政院農業委員會鑒於本省大多數果農對土壤植體診斷之需求，補助本所購買ICP 等新型儀器，成立土壤與植物體診斷分析中心，重新再出發。本所負責土壤與植體之分析及土壤植體營養初步診斷工作，各區農改場負責地方農民之輔導工作與複診、追蹤等工作，目前每年服務農民已達七千餘件，逐年擴增中。

其他土壤研究

一、土壤改良與土壤物理研究

1924年澀谷紀三郎氏進行水稻、胡麻、綠豆、甘蔗及甘藷在看天田(臺灣黏土)之深耕影響與灌漑水需要量試驗，1934年發展深耕淺耘方式保持此類土壤水分並估算大規模深耕改良之經濟效益與深耕犂工作效能，爲本省土壤改良工作之開端。

1965年後王新傳氏等進行臺灣坡地主要土壤沖蝕性研究，調查影響土壤沖蝕之性質。分析不同粒徑砂土之保水力以供砂土水分管理之用，比較PVA 土壤改良劑與堆造成對土壤團粒化後之保水力效果比較。1971年度起李蘭蒂氏等研究農機具使用時之最佳土壤水分條件及大型農機具壓實對土壤理化性與作物生長之影響，以提供土壤耕犂之參考。

1980年起進行土壤排水與水稻生產之研究，土壤水分對大豆、玉米生育及產量之影響，土壤硬度對玉米根系發展影響，土壤灰斑層意深淺對土壤生產力之影響，臺灣黏土之改良規劃研究以及土壤排水等級對瓜果品質之影響，土壤水分供儲能力研究等試驗。

二、土壤微生物研究

1954年成立土壤微生物研究室，初期之研究以豆科綠肥根瘤菌之接種試驗爲主，1959年起針對大豆根瘤菌之品系進行接種率、生理條件、耐藥性、耐鹽性等進行試驗。1963- 1966年則對水稻窒息病土壤之還原菌進行硫化氫、揮發性有機酸生成量測定，以及土壤管理對硫化氫生成量之影響研究。1967-1971年進行本省稻田固氮藍綠藻之篩選、生長條件、固氮力研究。1972-1973年進行纖維分解菌之篩選及生理特性研究，以供洋菇堆肥製造之應用。1974-1979年間研究水田土壤銨化、硝化細菌之特性及對土壤有機氮之礦化能力，水稻根圈微生物固氮力之研究等。惟因限於種種主客觀因素，上述之研究皆未能落實於實際之應用。

1980-1984年研究滿江紅(*Azolla pinnata*)之生態、培養、固氮能力及田間抑制雜草能力，大豆及落花生固氮活性，固氮藍綠藻之純化與固氮能力及盆栽試驗，評估稻草分解對固氮菌活性，不同落花生品種之根瘤菌固氮能力與產量之研究等。1985年以後，遵循推展稻田轉作及發展微生物肥料政策性工作目標，進行玉米接種共棲性固氮菌*Azospirillum*菌種及菌根菌之試驗，以及溶磷菌之篩選與田間實用性評估試驗，因以雜糧作物試驗對象以及菌種活性未達經濟性取代化學肥料理想而未有重大之突破，1990年以後則以高經濟作物爲試驗對象及菌根菌大量繁殖技術發展、生態調查爲主要研究工作。

近年環保意識興起，有關利用農畜產廢棄物如：玉米穗軸、米糠、樹皮、豬糞尿等製作堆肥以避免環境污染之研究計畫，自1985年陸續開始進行，包括：菌種篩選、堆肥製作流程之縮短及堆肥品質之改進等研究，最近已將部分研究成果與技術已轉移民間堆肥場實際利用。

三、農業環境保護

因工業發展迅速，部分產業對於汙染物質未加處理即以排放，對農業生產環境破壞日益嚴重。1979年起本所已對灌溉水質包括：鹽分含量、鈉吸著比、鉻與鎳重金屬濃度、氯及硫酸根離子濃度、油脂(柴油)等對水稻生育與土壤性質之影響進行研究，1982-1994年研究空氣污物質如：二氧化硫、氮氧化物及氟化物單一或混合氣體對不同作物之影響濃度與毒害徵狀進行研究，並篩選指標作物與出版毒害徵狀圖鑑供實際監測之利用。

1986年起對於土壤重金屬、氮素污染防範進行研究，包括：污泥重金屬與土壤吸附模式、土壤氮素轉化模式等研究計畫。另建立依土類區分之全省農田之砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅等重金屬之土壤背景含量，用以監測、防範農田土壤遭重金屬污染等。

未來展望

回顧一百年來本所之土壤研究發展史，由一系列之土壤資源調查工作開始，進行之各項土壤研究與土壤肥力改進工作，隨著科技之進步、政策之改變以及農民實質之需求而不斷求變，研究成果獲得推廣運用的甚多，但亦有不少的研究計畫未配合實質需求而失去價值，值得吾人深思。本省農業之發展，由糧食不足之增產試驗，經歷稻田轉作政策實施，如今面臨國外農產品之無障礙進口，以及農村勞力不足、老化等問題，未來之土壤研究必需配合科技發展、農業政策與社會、農民實際需求而重新出發。

至今明確之農業政策尙未出爐，但下列之土壤研究工作方向肯定是未來必需積極著手進行的：

1. 土壤資源調查

加强土壤物理性質調查，調查資料定量化，建立土壤—作物—氣候之資料庫，充分利用地理資訊與遙測技術，掌握與運用土壤資源。配合市場導向之生產潮流，改變適地適栽之觀念爲適地適管，提出區域性栽培作物之土壤管理及改良方法，供農民參考利用。調查各區域農田對於生產、水源涵養及環境保護、保健休閒機能之質與量，評估各地域農地對生產、生態及生活之重要性，規劃地域資源與環境之諧和利用農業。

2.土壤肥力研究

加强土壤診斷及施肥推薦服務，降低肥料污染與提昇農產品質。加强綠肥、微生物肥料在水、旱耕作制度之應用，檢討土壤特性與肥料施用量、法，不同耕作制度之土壤肥力變化，區域性土壤肥力之改進及不同作物微量要素缺乏改進等研究。

3.土壤改良工作

積極推動地力增進工作，提高農業生產競爭力。對於土壤改良工作規範制定與省工、經濟有效之大面積土壤改良方法及效益評估研究應即早進行。

4.農畜產廢棄物之利用研究

農畜產廢棄物之利用研究已進行中，但對於施用之技術與經濟價值評估及品質管制仍有待加强。

5.土壤污染與防治

農田土壤污染之監控與防治工作需進一步加强辦理。

6.其他之土壤研究

作物品質與灌溉技術之發展，土壤新分類法之推展，加强世界土壤及其他自然資源之資訊掌握。耕犁方式與耕作制度之配合，農業自動化生產下之土壤管理研究。